



Title	BaTiO <sub>3</sub> 誘電体を用いた新たな線量測定システムの開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	久我, 悠馬
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医理工学)
Dissertation Number	甲第15033号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/86131">https://hdl.handle.net/2115/86131</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Yuma_Kuga_review.pdf, 審査の要旨



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医理工学） 氏名 久我 悠馬

主査 教授 石川 正純  
審査担当者 副査 教授 加藤 千恵次  
副査 准教授 高尾 聖心

### 学位論文題名

#### BaTiO<sub>3</sub>誘電体を用いた新たな線量測定システムの開発 (Development of a novel dose measurement system using BaTiO<sub>3</sub> dielectric)

本研究は、チタン酸バリウムコンデンサが放射線照射によって静電容量が変化することを利用してコンデンサ線量計を用いて、線量分布を取得するための装置開発と、体内留置マーカとして使用される金コイルと接続することで体内線量計として使用するための基礎検討が行われた。コンデンサ線量計は所属研究室において長年研究されてきたものであるが、久我悠馬氏が修士課程時に基礎的な線量計としての特性を評価し、英語研究論文として発表している。線量分布測定のための検出器開発として、FPGA (Field Programmable Gate Array)を用いた全体制御システムの開発、および静電容量を測定するための回路開発を行い、1次元線量分布測定においては、98個のコンデンサを1mm間隔で並べた検出器を開発し、既存の1次元線量計よりもはるかに高分解能な線量分布の取得に成功している。また、2次元での線量分布取得についても、2次元マトリックスでの読み出し回路の工夫を行い、照射範囲のみに対する測定が可能であることが示された。また、体内線量計の開発においては、SCMR (Strongly Coupled Magnetic Resonance)の原理を応用した測定システムを構築し、キルヒホッフの法則から予測される複雑な体系でのシミュレーションコードを作成することで、体内深部での測定を可能であることを予測した。さらに、生理食塩水を用いて人体を模擬した測定により、体内での測定が可能であることを実証している。

加藤教授より、人体は細胞のマトリクスとしてコンデンサやインダクタが大量に詰め込まれた様な状態であり、生体内での測定ではこれらの細胞による影響が無視できないと考えられるため、豚などを使用して検討した方が良かったのではないかとという質問に対し、自身の腕や協力者の胴体を通した測定も可能であったが、将来は豚肉などを使用した生体に近い状態での検証も実施すべきであると考えているとの回答があった。また、オリジナリティに富む内容の研究であり、ADコンバータの技術など高度な技術力の必要な手段を利用して実行された本研究を高く評価するとのコメントをいただいた。

高尾准教授より、静電容量が変化するメカニズムを説明してほしいとの質問に対して、現時点では詳細なメカニズムは分かっておらず、結晶内の酸素が影響していると予想されるにとどまっていることが説明された。また、1次元線量分布の測定では素子間のばらつきを補正する必要がある

あるとのことだったが、補正のための測定は毎日行う必要があるのかとの質問に対して、ばらつきは経路長の違いによる抵抗値の違いが原因であり、測定回路はプリント基板上に配置されていることから、経路長は大きく変化しないと考えられるため、1度補正のための測定を行えば、しばらくは校正をする必要がないと考えているとの回答があった。また、アレイ型線量計として今回示された測定結果は相対線量分布として示されたが、絶対線量分布としての測定は可能かとの質問に対して、比較対象として示された線量計が相対線量として出力されるため、相対線量分布として示したが、絶対線量分布として測定することも可能であるとの回答がなされた。

石川より、実際に臨床で使用する際、あるいは製品化する際の課題としてどのようなことが想定されるかという質問に対し、GUIなどの操作性を充実させることや、体内で使用する機器であることから薬事取得が必要であることなどが挙げられたが、もっと初期の課題として、検出器としての性能、例えば測定の再現性や安定性、温度依存性など、検出器として評価すべき項目の確認が重要ではないかとのコメントがあった。また、体内線量計については、侵襲性の高い手技となるため、薬事を取得してくれる企業および必要な性能を満たすコンデンサを開発してくれる企業を見つけることが重要であるとのコメントがあった。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医理工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。